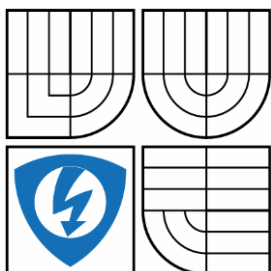


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

RUČNÍ DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ CHAPADLA DO NEBEZPEČNÝCH PROSTOR

HAND-HELD REMOTE CONTROL TENTACLES IN HAZARDOUS AREAS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

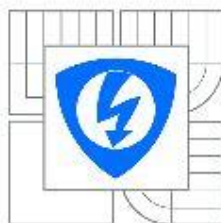
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN KOUBÍK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN PÁSEK, CSc.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Martin Koubík
Ročník: 3

ID: 154776
Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Ruční dálkové ovládání chapadla do nebezpečných prostor

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Zadáním je vytvoření vzdáleného chapadla, které kopíruje pohyby ruky v prostoru, kde je prostředí pro běžnou obsluhu rukou nebezpečné, nebo kde je potřeba manipulovat předměty větší silou než umožňuje ruka.

1. Navrhněte řešení ovládání chapadla.
2. Vytvořte principiální ovládání z dostupných prostředků na trhu.
3. Vytvořte program PLC pro polohování chapadla.
4. Vytvořte schéma zapojení a seznam elektrických komponent pro danou aplikaci.
5. Realizujte 3D ovladač chapadla tak, aby plnil popsané funkce.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Manuály firmy Siemens

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Jan Pásek, CSc.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem elektrického schématu pro ovládání krokového motoru pomocí inkrementálního snímače polohy. Navržené schéma je schopné zpracovat signály z IRC snímače na signály DIR/PULSE potřebné pro regulátor krokového motoru. Dále se tato práce zabývá výběrem prvků dostupných na trhu pro elektrické zapojení celého zařízení. V neposlední řadě se zabývá o vytvoření programu pro PLC v Tia Portalu pro ovládání chapadla. Práce taky krajně pojednává o různých formách nebezpečných prostředí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Inkrementální rotační snímač, krokový motor, DIR, PULSE, regulátor, PLC

ABSTRACT

The aim of this theses is design of the electrical diagram for controlling stepper motor using incremental encoder. The proposed scheme is capable of processing signals from the incremental rotary sensor of position to signals DIR/PULSE for a stepper motor. Futhermore, this work deals with the selection of elements available in the market for electrical wiring of the device. The work is also deals with the creation of the program for the PLC in Tia Portal to control gripper and marginally discusses the various forms of unsafe environments.

KEY WORDS

Incremental rotary sensor, stepper motor, DIR, PULSE, regulator, PLC

KOUBÍK, M. *Ruční dálkové ovládání chapadla do nebezpečných prostor*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 52 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pásek, CSc..

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma ruční dálkové ovládání chapadla do nebezpečných prostor jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jan Pásek, CSc. za veškeré přínosné rady ke zpracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval zadavateli bakalářské práce Jiřímu Koubíkovi za umožnění vytvoření této práce, za vstřícnost a veškeré odborné rady, které mi pomohly při tvorbě této práce.

V Brně dne:

.....

Podpis autora

Obsah

1	Úvod	11
2	Způsob ovládání chapadla	12
2.1	Základní princip zpracování signálů	12
2.2	Plošný spoj	12
2.3	Konstrukce manipulátoru s chapadlem	13
2.4	Konstrukce 3D ovladače	14
3	Nebezpečné prostory	16
3.1	Bezpečnost	16
3.2	Dálkově řízené chapadlo	16
3.3	Nebezpečné prostory	16
3.3.1	Manipulace s těžkými předměty	16
3.3.2	Manipulace s chemikáliemi	17
3.3.3	Manipulace s předměty různých teplot	17
3.3.4	Manipulace v prostorách s výpary	17
3.3.5	Konkrétní manipulátor	17
4	Dostupné prostředky pro vývoj	18
5	Návrh a odladění schéma	24
5.1	Elektrické schéma	26
5.2	Princip	29
5.3	Celková funkčnost	29
6	Celkové schéma a návrh DPS	33
6.1	Schéma	33
6.2	DPS	33
6.3	Seznam součástek	35
7	Elektrické zapojení	36
7.1	Blokové schéma	36
7.2	Jednotlivé zapojení	36
8	Program	44
8.1	Hardwarová konfigurace	44
8.2	Odladování programu	45
8.3	Výsledný program	46
9	Závěr	49

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Konstrukce manipulátoru	13
Obrázek 2 - Chapadlo	14
Obrázek 3 - Konstrukce ovladače	15
Obrázek 4 - Napájecí zdroj	18
Obrázek 5 - Napájení pro regulátor.....	18
Obrázek 6 - Regulátor pro 5 krokových motorů	19
Obrázek 7 - Krokový motor pro pohyb nahoru-dolu	20
Obrázek 8 - Krokový motor pro ostatní osy a chapadlo	20
Obrázek 9 - PULSE/DIR signály	21
Obrázek 10 - CW/CCW signály.....	21
Obrázek 11 - IRC snímač polohy.....	21
Obrázek 12 - PLC S7-1200	22
Obrázek 13 - Napájení a vstupy PLC.....	22
Obrázek 14 - Napájení a výstupy PLC.....	22
Obrázek 15 - Laboratorní zdroj pro testy	24
Obrázek 16 - Ladění na nepájivém poli	24
Obrázek 17 - Krokový motor pro testy	25
Obrázek 18 - Regulátor pro testování	25
Obrázek 19 - Osciloskop pro měření	26
Obrázek 20 - Schéma pro jeden IRC snímač	27
Obrázek 21 - Schéma pro další zpracování PULSE.....	28
Obrázek 22 - IRC - otáčení vlevo	30
Obrázek 23 - IRC - otáčení vpravo	30
Obrázek 24 - Signál DIR.....	31
Obrázek 25 - Impulsy na vstupech hradla XOR před vyhodnocením PULSE	32
Obrázek 26 - Impulsy na výstupu hradla XOR – PULSE.....	32
Obrázek 27 – DPS základní desky	33
Obrázek 28 - DPS přídatné desky	34
Obrázek 29 - Napájení a svorky rozvaděče ovladače	37
Obrázek 30 - Zapojení DPS	38
Obrázek 31 - Vstupy PLC	38
Obrázek 32 - Výstupy PLC	39
Obrázek 33 - 16 pinový konektor.....	39

Obrázek 34 - Napájení rozvaděče manipulátoru	40
Obrázek 35 - Regulátor a krokové motory	40
Obrázek 36 - Konektor CANON 25	41
Obrázek 37 - Ovládací panel	41
Obrázek 38 – 16 pinový konektor mezi ovladačem a manipulátorem	42
Obrázek 39 - Rozvaděč manipulátoru	42
Obrázek 40 - Rozvaděč ovladače	43
Obrázek 41 - Automatická HW konfigurace	44
Obrázek 42 - Nastavení Axis	45
Obrázek 43 - Nastavení rampy	46
Obrázek 44 - Vstupy, výstupy, pomocné proměnné	47
Obrázek 45 - Program	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Seznam zařízení	23
Tabulka 2 - Seznam součástí pro základní desku	35
Tabulka 3 - Seznam součástí pro přídatnou desku	35

1 ÚVOD

Automatizace je proces, kde dochází k náhradě fyzické a psychické práce člověka za činnost strojů. Účelem je nahrazení člověka za stroje, ať už částečně nebo úplně.

Pomocí automatizace se dá zabránit ohrožení člověka, dá se zamezit práci v extrémních podmínkách, dochází k nahrazení člověka z důvodů vyloučení chyb, stroj dokáže být rychlejší, přesnější, má větší množství reakcí.

Dalším prvkem je pak snižování výrobních a režijních nákladů, zvyšování produktivity a kratší doba výroby, možnost rychlé změny výroby dle požadavků zákazníka.

Tato práce se zabývá vytvořením vývojového prostředku, který by sloužil jako jeden z prvků bezpečnosti člověka. Jedná se o manipulátor s chapadlem, který se umístí do prostor nebezpečných člověku. Tento manipulátor je ovládán ovladačem, který má operátor v bezpečném prostředí a pohybem ovladače v prostoru pohybuje zároveň manipulátorem. Tím může, aniž by byl vystaven jakémukoliv nebezpečí, manipulovat s předměty, které jsou třeba přemístit.

Jedná se však o pouze vývojový prostředek, který nebude nikdy uveden do reálného provozu a hlavním cílem bylo rozpohybování celého manipulátoru a chapadla.

2 ZPŮSOB OVLÁDÁNÍ CHAPADLA

Základem je ruční ovladač, který je sestrojený ze tří inkrementálních rotačních snímačů polohy (dále IRC). Ovladač je postavený tak, aby se s ním dalo pohybovat ve třech osách. Tedy v každé ose je umístěn jeden IRC snímač. Tak je možné posouvat s ovladačem směry nahoru-dolu, doleva-doprava, dopředu-dozadu. Jakýmkoliv pohybem ovladače se pak v dané ose točí s IRC snímačem polohy.

IRC snímač generuje při točení dva signály. Tyto signály jsou přivedeny a zpracovány pomocí navrhnutého elektrického obvodu. Rozbor tohoto elektrického obvodu je pečlivě popsán a rozebrán v následujících kapitolách.

Samotný aktuátor je řízen krokovými motory. Většina nízkonákladových regulátorů pro krokové motory používá pro řízení signály DIR/PULSE nebo CW/CCW. Pro daný účel byl zvolen způsob DIR/PULSE, který je více rozšířený v řízení krokových motorů.

Krokové motory potřebují k rozběhu a doběhu rampu, která zajistí spolehlivý rozběh a spolehlivé zastavení. V tomto případě je využit potenciál lidské ruky, která sama vytvoří tyto rozběhové a doběhové rampy.

PLC slouží k řízení krokového motorku, určeného pro ovládání chapadla jako takového. Chapadlo je vybaveno dvěma koncovými snímači, které hlídají krajní polohy upnutí a uvolnění chapadla.

2.1 Základní princip zpracování signálů

Signály generované IRC snímači se přivedou na navrhnuté obvody. Z těchto signálů je třeba získat signály, které se přivedou na regulátory pro krokové motory. Signál je zpracován stylem kvadrurního dekodéru, tedy zpracovává všechny hrany.

Regulátor potřebuje signály DIR pro určení směru otáčení a PULSE pro krokování motorků po jednotlivých mikrokrocích. Je třeba, aby regulátor dostal prvně informaci o směru otáčení a až poté impulsy pro krokování. Toho bude dosaženo použitím posuvného registru. Tak se zpracuje pomocí následné logiky prvně signál DIR a o nějaký krok později signál PULSE.

2.2 Plošný spoj

Na navrhnutém plošném spoji budou v konečné fázi umístěny tři stejné navrhnuté obvody pro nezávislé získávání signálů DIR a PULSE pro regulátory krokových motorků.

Bude také obsahovat krystalový oscilátor pro posuvné registry a stabilizátor napětí na 5V pro všechny integrované obvody. Na desku se tak bude přivádět jediné napájecí napětí 24V DC a to ze zdroje od firmy SIEMENS.

Bude zde umístěn ještě přídatný plošný spoj, který bude sloužit pro volbu rychlosti pohybu. Na výběr bude pohyb normální a pohyb pomalý.

2.3 Konstrukce manipulátoru s chapadlem

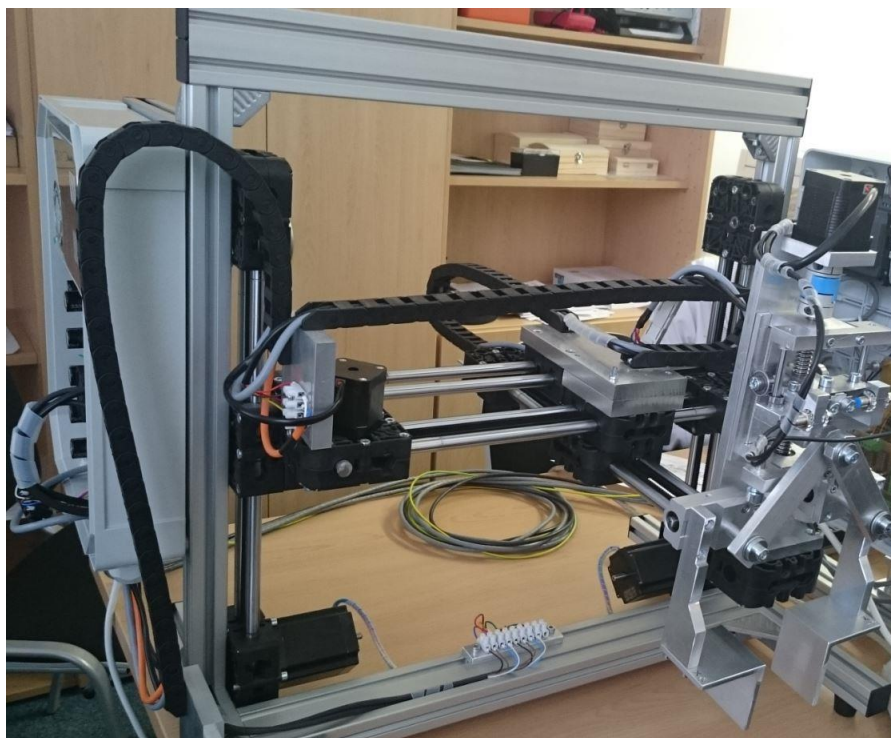
Zadavatel zajistí dodání modelové konstrukce manipulátoru, ve které bude umístěno chapadlo. Lze vidět na *Obrázek 1*. Chapadlo je pak vidět na *Obrázek 2*.

Chapadlo se bude pohybovat ve třech osách stejně jako ovladač. V podstatě bude kopírovat pohyb ruky uživatele.

V ose pohybu nahoru-dolu budou umístěny dva krokové motory, z každé strany konstrukce jeden. Každý motor bude mít svůj regulátor, ale budou dostávat stejné signály. To z důvodů jejich souměrného pohybu. Tímto se docílí lepší stability ve směru tohoto pohybu.

V ostatních osách směru pohybu bude umístěn na každé ose jeden krokový motorek. Každý z těchto motorků bude připojen na regulátoru s vlastními signály ze snímače IRC.

Na ose dopředu-dozadu pak bude umístěno chapadlo. To bude sloužit pro uchopení nebo puštění předmětu. Bude sestaveno z krokového motorku a mechanických prvků tak, aby bylo možné s ním předmět uchopit. Pro ovládání chapadla bude na ručním ovladači umístěn panel s tlačítky, pomocí kterých bude PLC ovládat krokový motorek na chapadle.



Obrázek 1 - Konstrukce manipulátoru

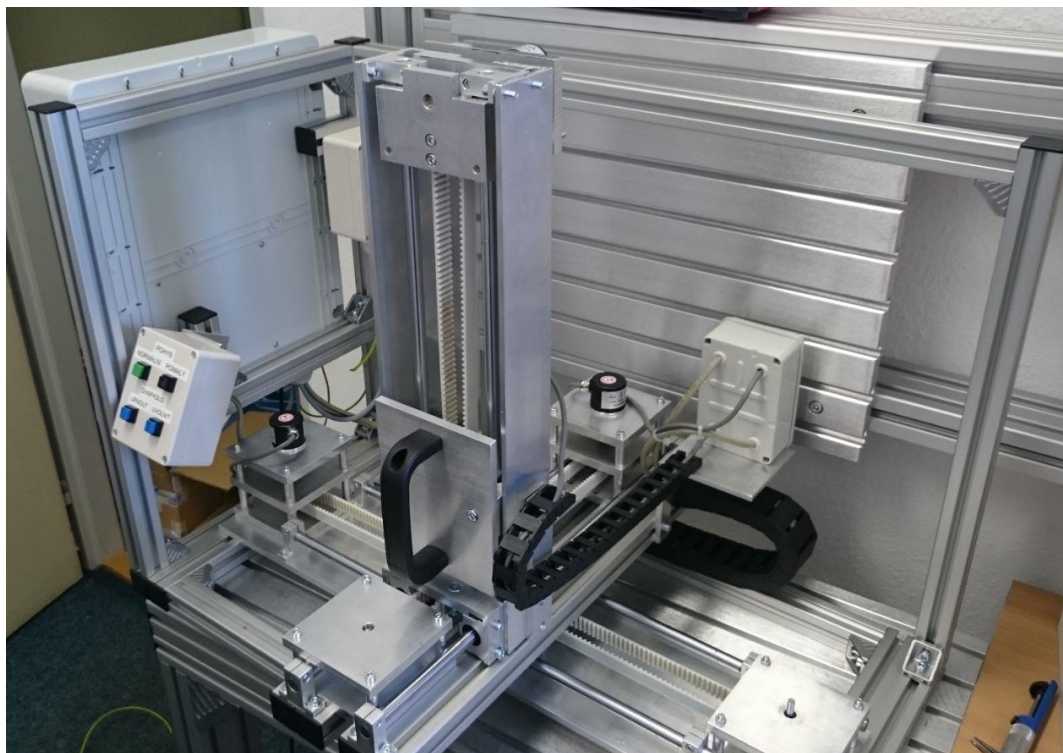


Obrázek 2 - Chapadlo

2.4 Konstrukce 3D ovladače

Základním požadavkem na 3D ovladač bylo použití IRC snímačů polohy. Bylo tedy potřeba vymyslet nějakou konstrukci, aby se při pohybu ruky snímala poloha IRC snímači. Této problematice se ujal zadavatel, nebylo to součástí práce (*Obrázek 3*).

3D ovladač je tedy vybaven madlem, pomocí kterého se pohybuje ve třech osách. Dalším prvkem je zde ovládací krabička, kde jsou umístěna 4 tlačítka. Horní tlačítka slouží pro volbu rychlosti pohybu. Jedno z těchto tlačítek musí být neustále zmáčkuto. Když se pustí, stroj se zastaví. To slouží k ochraně obsluhy. Je to trochu založeno na principu dvouručního ovládání. Jednou rukou se pohybuje s ovladačem a druhou se drží tlačítko. Spodní tlačítka pak slouží k upnutí, uvolnění chapadla.



Obrázek 3 - Konstrukce ovladače

3 NEBEZPEČNÉ PROSTORY

Tato kapitola okrajově pojednává o bezpečnosti a o nebezpečných prostorech v automatizaci. Také o možnostech použití manipulátoru s chapadlem.

3.1 Bezpečnost

Bezpečnost v automatizaci je nejdůležitější součástí každého stroje, zařízení, kde dochází k vykonávání mechanického pohybu nějakou jeho částí. Je nutné zamezit jakémukoliv kontaktu nebo kolizi stroje během jeho pohybu s lidskou obsluhou.

3.2 Dálkově řízené chapadlo

Jedná se o bezpečnostní prvek, který je na dálku ovládán obsluhou, která může být díky tomuto zařízení v bezpečné vzdálenosti od nebezpečí, které by mohl stroj pro lidský faktor představovat.

Ovladač tedy může být umístěn ať už ve vzdálené poloze od stroje, nebo za dalšími určitými prvky bezpečnosti v automatizaci.

Je tak tedy zajištěn bezpečný přesun různých materiálů, chemikálií nebo těžkých předmětů v prostorech, kde by mohlo dojít ke zranění.

3.3 Nebezpečné prostory

Jedná se o místa, kde může dojít ke zranění lidské obsluhy. Dále pak místa kde dochází k nebezpečným výparům, k vysokým výkyvům teplot, k manipulaci s předměty s vysokou teplotou nebo naopak s teplotou velmi nízkou. Může být také třeba manipulovat s předměty v místech, kde musí být dodrženy maximální podmínky čistoty.

3.3.1 Manipulace s těžkými předměty

Jednou s možností využití chapadla je manipulace s těžkými předměty. Pro tuto možnost by bylo nutné navrhnout jiný způsob ovladače z důvodů veliké plochy přesunu. Přímé řízení by bylo nevhodné a nerealizovatelné.

Jsou-li prostory, kde je nutné přesouvat těžké předměty, lidské obsluze nebezpečné, je vhodné použít nějaký manipulátor. Tím by se docílilo nepotřebě mít v těchto prostorech lidskou obsluhu obsluhující například ruční hydraulický zvedák.

3.3.2 Manipulace s chemikáliemi

I v automatizaci se můžou najít případy, kdy je potřeba pohybovat různými chemikáliemi ať už lidem nebezpečnými, nebo s chemikáliemi potřebnými pohybovat v dokonalé čistotě.

3.3.3 Manipulace s předměty různých teplot

Jedná se o prostory, kde dochází k přesunu nebo k manipulaci s předměty, které můžou být rozžhavené na vysoké teploty, kde je v podstatě nemožné, aby s takto rozžhavenými předměty manipulovala obsluha. Dále pak s předměty podchlazenými na nízkou teplotu, kde by se jednalo pro obsluhu o stejný případ. Také je tu možnost, že je potřeba udržet konstantní teplotu z důvodů různých měření a tak by docházelo k různým výkyvům při zásahu lidské obsluhy.

3.3.4 Manipulace v prostorách s výpary

Prostory, kde se manipuluje ať s předměty extrémních teplot nebo s různými chemikáliemi, které mohou vypouštět různé výpary.

Při manipulaci v extrémních teplotách mohou vznikat výpary, které mohou být nebezpečné pro obsluhu, která by se v takovémto prostředí pohybovala v delším časovém úseku.

Při manipulaci s chemikáliemi mohou vznikat výpary, které by mohly různými způsoby poleptat, či jinak ohrozit lidskou obsluhu. Tak je vhodné použití manipulátoru, který by se ovládal z bezpečné místnosti například sledováním přes kameru.

3.3.5 Konkrétní manipulátor

Manipulátor, vytvořený pro tuto práci je udělán jen jako vývojový prostředek, a nikdy nebude použit do nějakého provozu.

Aby mohl být použit v nějakém nebezpečném prostředí, musel by se speciálně přizpůsobit danému prostředí, ve kterém by byla požadována jeho funkčnost. Každé prostředí má jiné nároky na bezpečnost, ochranu atd.

4 DOSTUPNÉ PROSTŘEDKY PRO VÝVOJ

Jedním z úkolů bylo zjistit dostupné prostředky na trhu, ze kterých se celé zařízení sestojí. Celkový seznam zařízení je v *Tabulka 1*.

Napájení

Pro napájení bude použit zdroj od firmy Siemens LOGO!Power (24V/2,5A) zobrazený na *Obrázek 4*, který bude napájet PLC a navrhnuté elektrické schéma, kde bude napájení rozvedeno do svorek pro napájení IRC snímačů a zároveň zde bude stabilizováno na 5V pro napájení logických integrovaných obvodů.

Pro regulátor bude speciální napájecí zdroj (*Obrázek 5*), protože LOGO není schopený dodat proudy potřebné k řízení tolika krokových motorů.



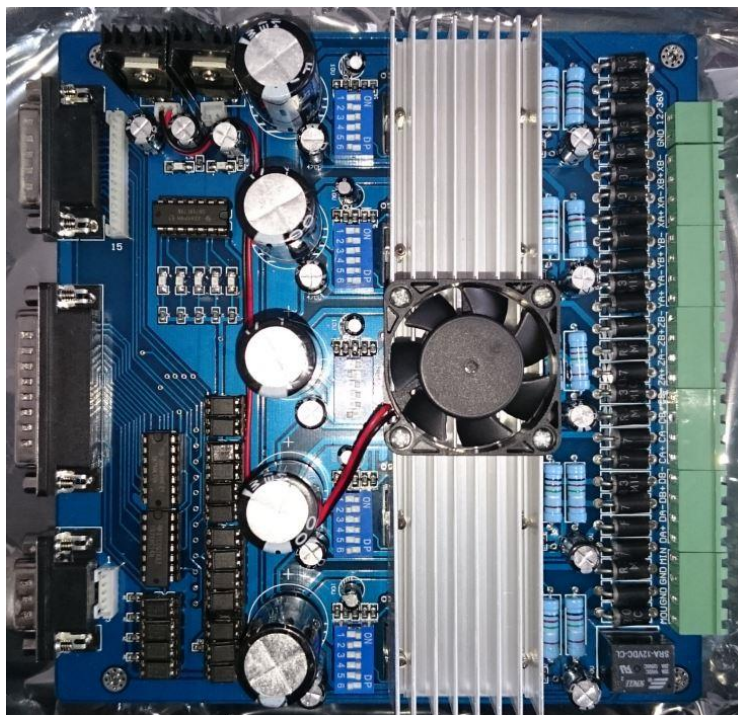
Obrázek 4 - Napájecí zdroj



Obrázek 5 - Napájení pro regulátor

Regulátor

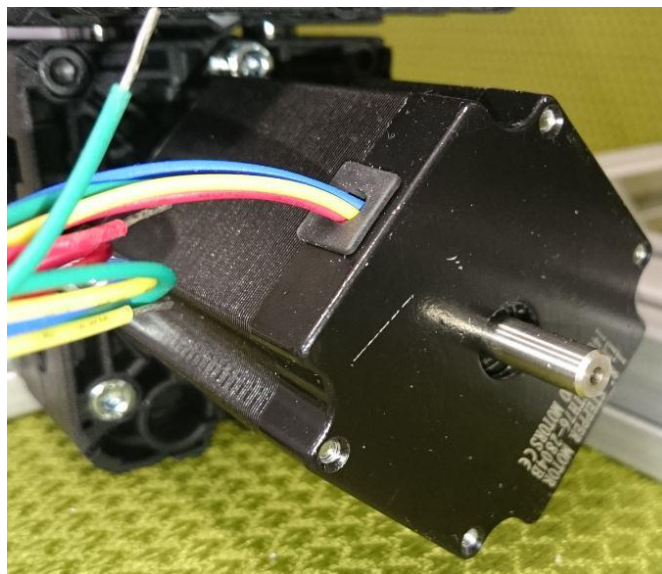
Pro regulaci krokových motorků bude použit regulátor (*Obrázek 6*), do kterého se budou přivádět generované signály DIR a PULSE. Regulátor bude pro celkem 5 krokových motorků. Pro 4 z nich budou signály získávány z ovladače pomocí navrženého obvodu (motory v ose nahoru-dolu budou mít stejný signál). Poslední krokový motor bude řídit sevření chapadla a pro regulátor bude dostávat DIR a PULSE z PLC.



Obrázek 6 - Regulátor pro 5 krokových motorů

Krokové motory

Krokové motory budou umístěny na osách manipulátoru pro pohyb ve třech osách a jeden bude umístěn na chapadle a bude sloužit pro uchopení nebo puštění předmětu. Pro osu nahoru-dolu budou krokové motory silnější (*Obrázek 7*) než motory (*Obrázek 8*) v ostatních osách. To z důvodů, že budou pohybovat s celým mechanismem chapadla a dalších dvou os.



Obrázek 7 - Krokový motor pro pohyb nahoru-dolu

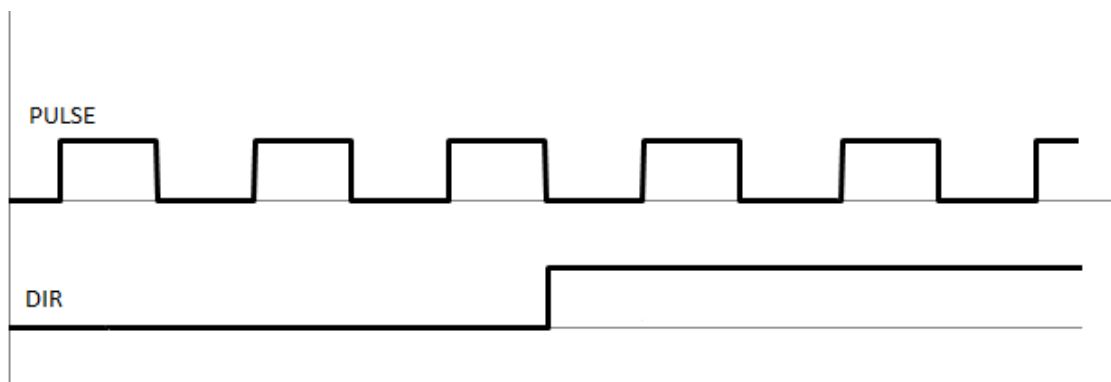


Obrázek 8 - Krokový motor pro ostatní osy a chapadlo

Signály pro řízení krokových motorů

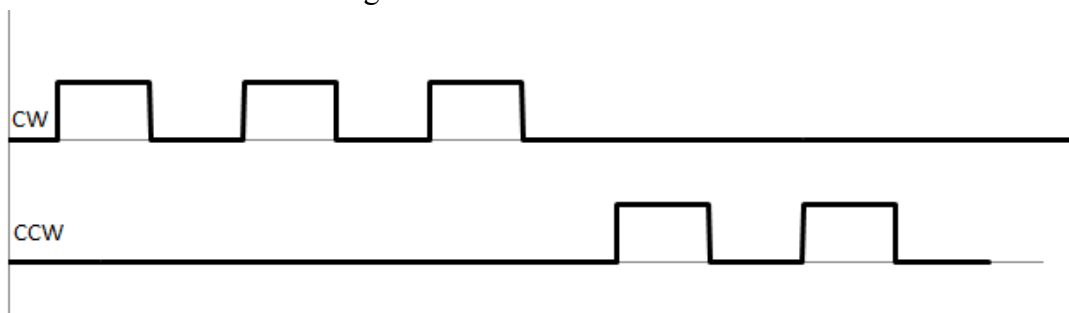
Existují dva typy signálů pro řízení krokových motorů. Jsou to DIR/PULSE a CW/CCW.

DIR/PULSE – tyto signály jsou zvoleny pro řešení v této práci. Jedná se o dva signály, kde DIR je směr otáčení a má podle směru otáčení buď logickou 1, nebo 0 a PULSE jsou vygenerované impulsy, které otáčí krokovým motorem. Průběh signálů je zobrazen na *Obrázek 9*.



Obrázek 9 - PULSE/DIR signály

CW/CCW – tyto signály jsou uzpůsobené tak, že se motor točí na jednu nebo na druhou stranu podle toho, na kterém signálu jsou zrovna generované impulsy. Tedy v případě generování impulsů na CW se bude krokový motor točit na jednu stranu a při CCW na stranu druhou. Průběh signálů na *Obrázek 10*.



Obrázek 10 - CW/CCW signály

Inkrementální rotační snímače polohy

Z těchto snímačů bude vytvořen ruční ovladač.

Bude se využívat pouze napájecích drátů a signálových drátů A, B viz *Obrázek 11*. Signálový drát Z nebude použit, slouží pro synchronizaci po jedné celé otáčce v případech, kde je nutná maximální přesnost.



Obrázek 11 - IRC snímač polohy

PLC Simatic S7-1200

PLC bude sloužit pro generování impulsů pro krokový motorek, který bude ovládat chapadlo pro uchopení předmětů. Na vstupy se přivedou tlačítka, pomocí kterých se bude upínat, uvolňovat chapadlo a snímače, které budou hlídat krajní polohu upnutí, uvolnění.

Na *Obrázek 12* je zobrazeno použité PLC. Přesné typové označení je 6ES7 212-1AE40-0XB0. Na *Obrázek 13* je zobrazeno napájení a digitální a analogové vstupy. Na *Obrázek 14* je zobrazeno napájení výstupů a digitální výstupy.



Obrázek 12 - PLC S7-1200



Obrázek 13 - Napájení a vstupy PLC



Obrázek 14 - Napájení a výstupy PLC

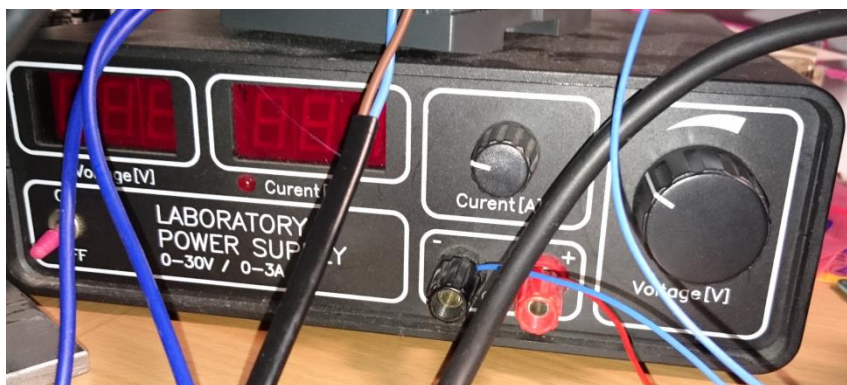
Tabulka 1 - Seznam zařízení

Název	Typ	Info
LOGO!Power	6EP1332-1SH43	Zdroj 24V/2,5A
Zdroj	S350-24	Zdroj 24V/14,6A
Regulátor	HY-TB5DV-M	TB6560
Krokový motor	Nema17	1,68A
Krokový motor	Nema23	2,8A
IRC	ISC3806-401G1000BZ3-5-24E	24V
S7-1200	6ES7 212-1AE40-0XB0	PLC

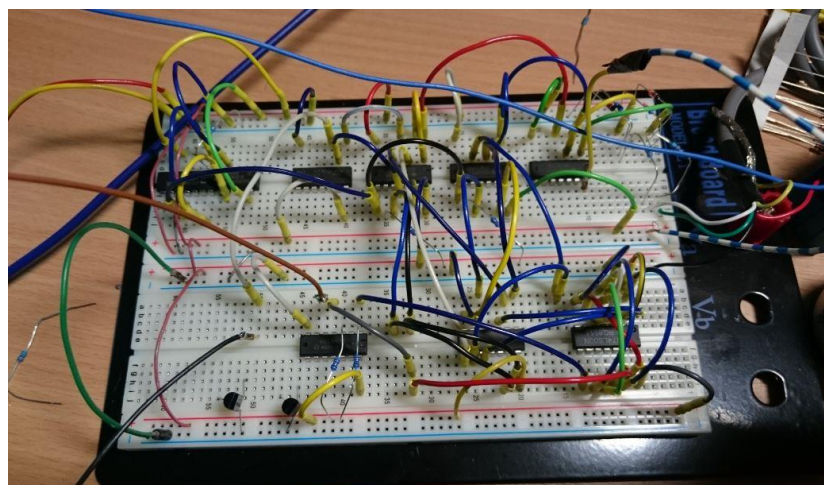
5 NÁVRH A ODLADĚNÍ SCHÉMA

Základní myšlenkou bylo získat z výstupu IRC snímače signály DIR a PULSE pro krokový motor. Regulátor pro krokové motory vyžaduje prvně signál DIR a poté až signál PULSE. Tak se využilo posuvného registru, který zajistil, že se prvně vyhodnotí DIR a až potom PULSE.

Odladění schéma probíhalo na nepájivém poli, viz *Obrázek 16*. Napájení 5V potřebných pro logické obvody bylo zajištěno pomocí laboratorního zdroje 0-30V, 0-3A viz *Obrázek 15* a napájení regulátoru pro krokový motor a IRC snímače bylo zajištěno pomocí napájecího zdroje LOGO!Power. Pro testování byl použit krokový motor (*Obrázek 17*) a regulátor (*Obrázek 18*) od firmy Leadshine, které nebudou v koncové podobě práce použity. Místo nich budou použity již více zmíněné zvolené typy.



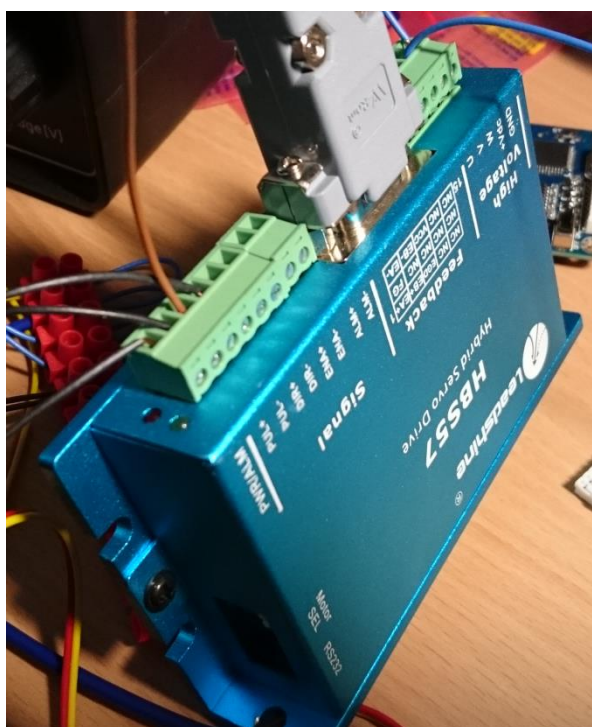
Obrázek 15 - Laboratorní zdroj pro testy



Obrázek 16 - Ladění na nepájivém poli



Obrázek 17 - Krokový motor pro testy



Obrázek 18 - Regulátor pro testování

První pokusy pro zjištění funkčnosti obvodu byly založeny na displeji určeného pro regulátor tří krokových motorů. Zdálo se, že obvod nedosahuje takové funkčnosti, jaké bylo očekáváno, protože displej neukazoval to, co by měl. Dalším testem bylo tedy zjištění, zda je vůbec displej vhodný pro takovéto testování. Na každý jeho signálový drát bylo přivedeno impulsově 5V. Tak se zjistilo, že displej nebude vhodný pro zjištění správné funkčnosti obvodu. Nedocházelo totiž podle předpokladu k přičítání impulsů nebo po připojení na nulový potenciál ke změně směru. Pro další zjišťování funkčnosti se tedy využilo logické sondy. Tak se zjistilo, že obvod funguje správně a mohlo se přejít k návrhu desky plošných spojů.

Měření impulsů a signálů v jednotlivých částech obvodu pak probíhalo pomocí digitálního osciloskopu UTD2062C viz *Obrázek 19*.

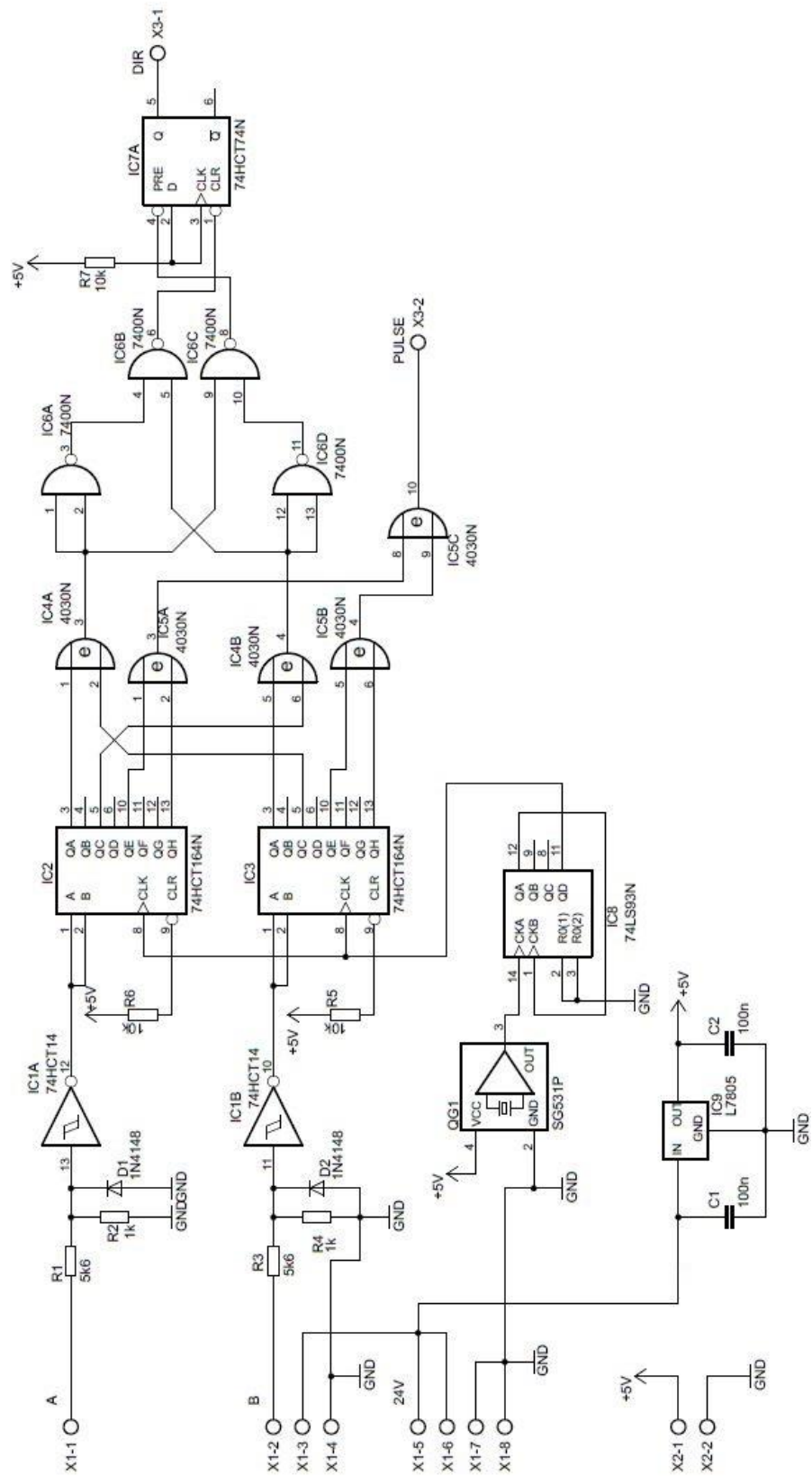


Obrázek 19 - Osciloskop pro měření

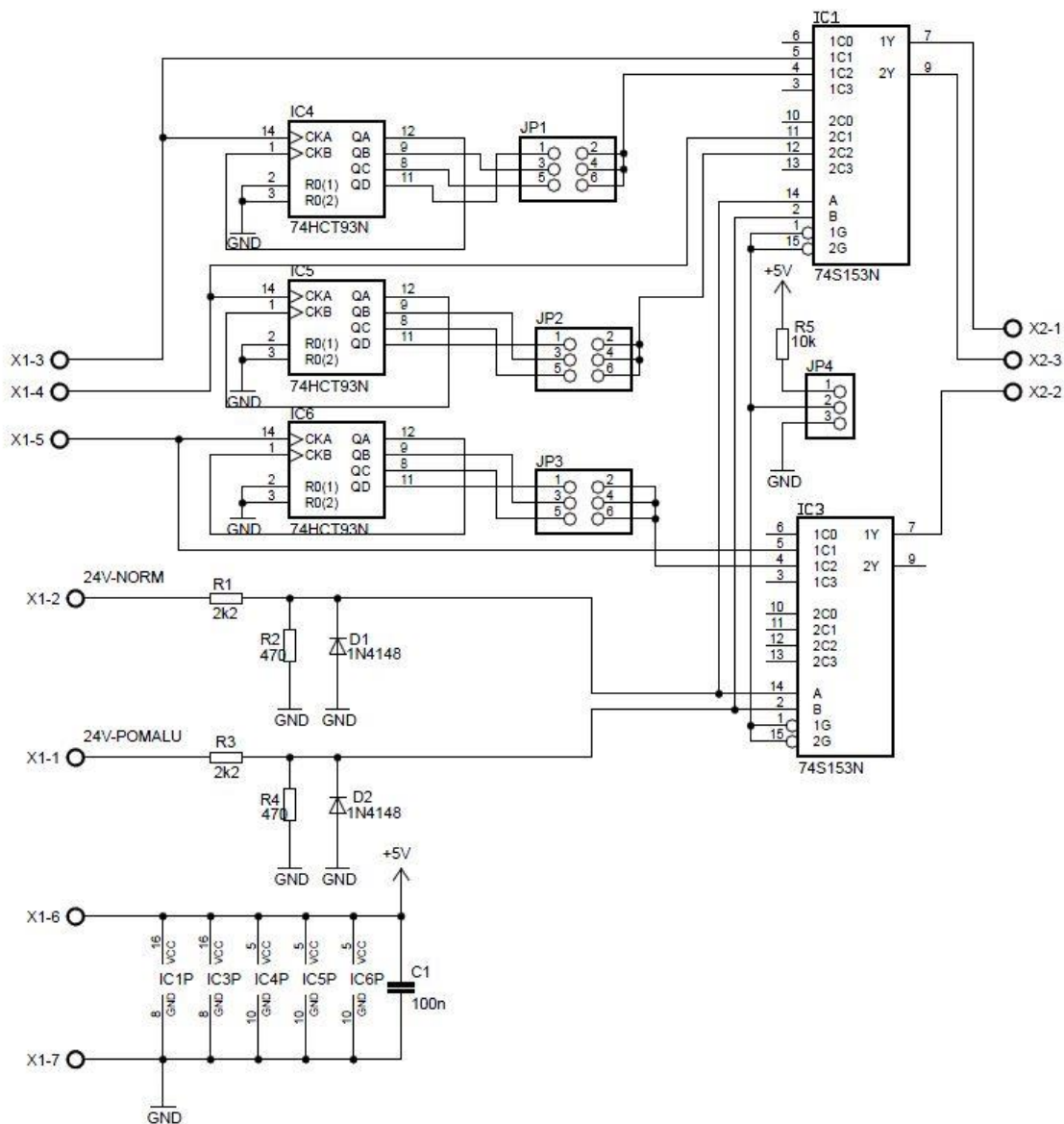
5.1 Elektrické schéma

Elektrické schéma, viz *Obrázek 20*, je určeno pro zpracování signálů z jednoho IRC snímače. V konečném schématu se pak budou nacházet tři stejné obvody, aby bylo možno zpracovávat signály ze tří IRC snímačů. Je zde umístěn stabilizátor na 5V pro napájení všech integrovaných obvodů a krystalický oscilátor. Stabilizátor a oscilátor jsou společný pro všechny tři obvody. Všechny volné vstupy logických obvodů byly uzemněny z důvodů odstranění indukovaní rušivých proudů.

Druhé schéma, viz *Obrázek 21*, slouží k dalšímu zpracování signálů PULSE. Tyto signály se ze základní desky přivedou na tuto rozšiřující, kde se bude pomocí jumperů volit rychlost posunu, a pomocí multiplexorů se budou ovládat výstupní pulsy pro regulátory pomocí tlačítek umístěných na ovladači. To je z důvodu, aby nebyl ovladač přímo vázán na manipulátor. Tedy když nebude tlačítko pro pohyb stisknuté, tak se pohybem ovladače manipulátor nebude pohybovat. Pro pohyb manipulátoru se pak musí držet jedno z dvou tlačítek pohybu.



Obrázek 20 - Schéma pro jeden IRC snímač



Obrázek 21 - Schéma pro další zpracování PULSE

5.2 Princip

Ze snímače IRC vedou dva signálové dráty A, B, které generují signály napětí přibližně 24V. Jeden signál je zpožděný vůči druhému podle toho, na kterou stranu se snímačem IRC točí. Při otáčení vpravo je signál A zpožděn za signálem B o čtvrt periody. Při otáčení na druhou stranu se zpožďuje signál B.

Tyto signály jsou přivedeny na odporový dělič, který byl odvozen tak, aby na jeho výstupu bylo napětí 2,5V – 5V. Při zvolených odporech je výstupní napětí odporového děliče přibližně 4,2V. Dále signály pokračují na schmittův klopný obvod.

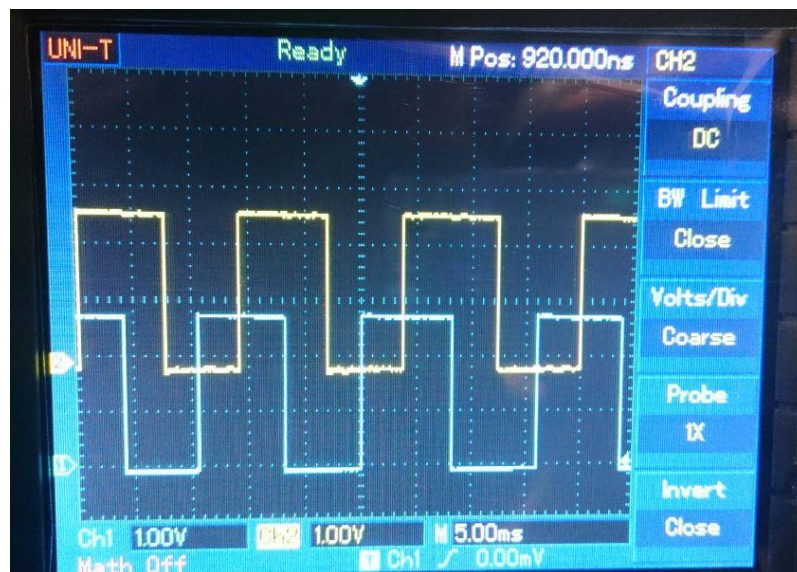
Z výstupu pokračují na vstupy posuvných registrů. Sestupná a vzestupná hrana se posouvá z jednoho výstupu na druhý postupně a zajišťuje tak fázové opoždění na každém výstupu o frekvenci CLK. Tím je zajištěno, že dostaneme na konci DIR dříve, než PULSE. Na výstupech QA – QC pokračuje signál pro zpracování na signál DIR. Na výstupech QE-QH se pak zpracovává signál PULSE.

Signál PULSE pokračuje do rozšiřujícího obvodu, kde se dá pomocí jumperů nastavit frekvence generovaných pulsů. Ty pak pokračují na multiplexory, které se ovládají tlačítky na vstupech A a B. Pomocí tlačítka na vstupu A se pulsy pustí přes multiplexor na výstup se stejnou frekvencí, jakou měly už na základní desce a pomocí tlačítka na vstupu B se na výstup přes multiplexor pustí pulsy s nižší frekvencí generování, tedy pohyb manipulátoru bude pomalejší.

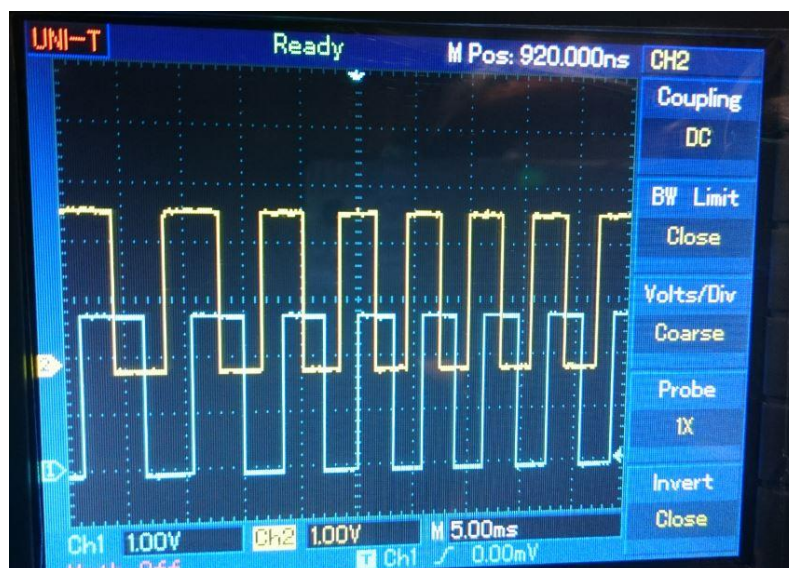
5.3 Celková funkčnost

Základní impulsy a vstupy do obvodu jsou z IRC snímače polohy. Jedná se o signál A (modrý) a signál B (žlutý).

Na *Obrázek 22* se snímačem točí vlevo a na *Obrázek 23* se snímačem točí vpravo. Tak lze vidět zpoždování těchto dvou signálů vůči sobě v závislosti na směru otáčení. Na obrázcích jsou už signály měřené za děličem napětí.



Obrázek 22 - IRC - otáčení vlevo



Obrázek 23 - IRC - otáčení vpravo

Signály pokračují na vstupy schmittova klopného obvodu, který je zesílí tak, aby byl signál více hranatý a nebyl problém s určováním 0 a 1. Odtud pokračují na vstup posuvného registru. Pro posuvné registry je na vstupy CLK připojen krystalový oscilátor. Jeho kmitočet 8MHz je však ještě dělen na menší kmitočet.

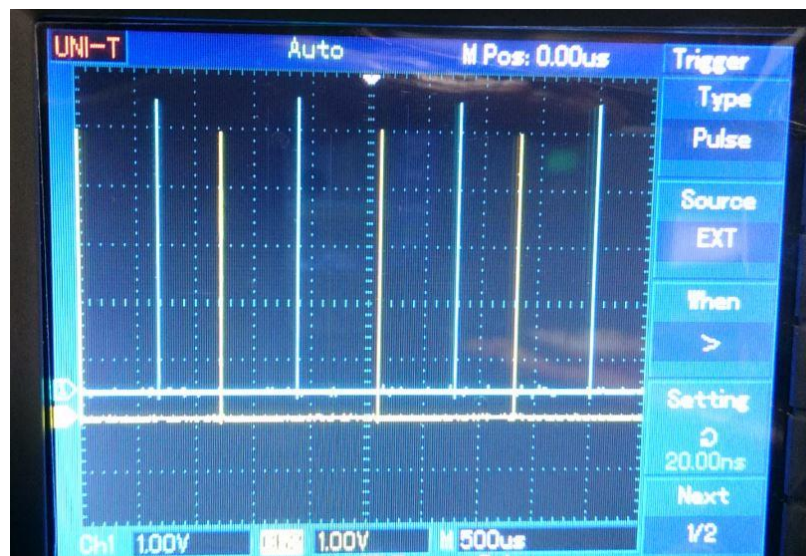
Signál DIR je vytvořen na výstupech posuvných registrů QA a QC. Signál výstupu QA prvního posuvného registru (dle schéma IC2) a výstup QC druhého posuvného registru (IC3) jsou připojeny na hradlo XOR (IC4A). Zde se porovnávají jejich hodnoty a to samé se provede i pro výstup QC prvního posuvného registru a QA druhého posuvného registru na hradle XOR (IC4B). Tyto dva vzniklé signály se přivedou na hradla NAND (IC6A, IC6D) pro získání negované hodnoty. Signál z hradla NAND (IC6A) je přiveden na jeden vstup NAND (IC6B). Na jeho druhý vstup vede výstupní signál z hradla XOR (IC4B). Hradlo NAND (IC6B) pak vytvoří signál pro vstup CLR

klopného obvodu D. Stejným způsobem hradlo NAND (IC6C) vytvoří signál pro vstup PRE. Na *Obrázek 24* je pak vidět, že při točení vpravo signál CLR (modrý) dostává impulsy logické hodnoty 0 a PRE (žlutý) má logickou 1. Na výstupu Q klopného obvodu D pak podle pravdivostní tabulky je logická 0, což ukázaly i měření. Tedy v tomto stavu se točí krokový motor vpravo. Při točení IRC snímačem vlevo je pak signál CLR (modrý) v logické 1 a signál PRE (žlutý) přivádí impulsy logické 0. Opět podle pravdivostní tabulky je pak výstup Q roven logické hodnotě 1.



Obrázek 24 - Signál DIR

Po zjištění směru DIR je pak potřeba z posuvného registru získat impulsy pro krokový motor PULSE. Použity jsou výstupy posuvných registrů QE a QH. Z každého posuvného registru se tyto výstupy přivedou na hradlo XOR (IC5A, IC5B) a výstupy z těchto dvou hradel jsou přivedeny na hradlo XOR (IC5C). Při otáčení IRC snímačem pak na vstupech hradla XOR (IC5C) dostaneme impulsy ze signálu A IRC snímače (modrá) a ze signálu B IRC snímače (žlutá). Hradlo XOR dává impulsy, jen když jsou na vstupech rozdílné hodnoty. Už tedy z *Obrázek 25* je jasné, že výstup hradlo XOR (IC5C) bude generovat impulsy při točení IRC snímačem. Tyto impulsy jsou zobrazeny na *Obrázek 26*.

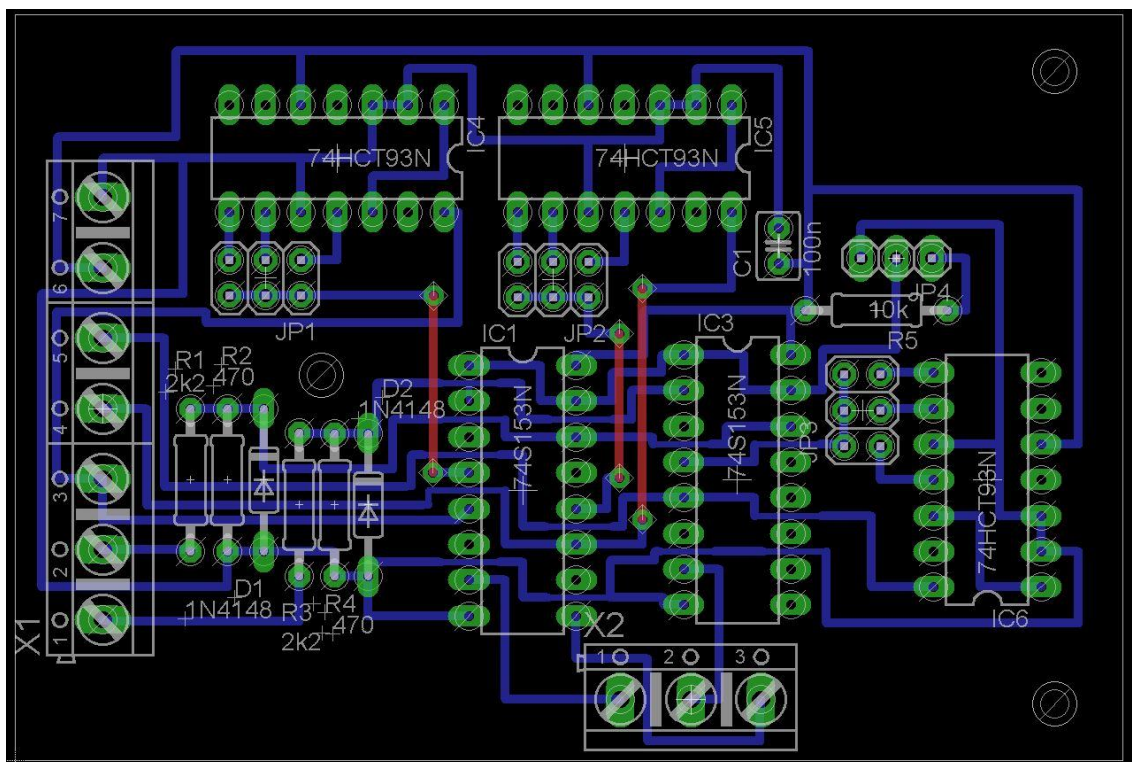


Obrázek 25 - Impulsy na vstupech hradla XOR před vyhodnocením PULSE



Obrázek 26 - Impulsy na výstupu hradla XOR – PULSE

Signály PULSE jsou dále vyvedené na rozšiřující DPS. Zde dochází pomocí tlačítka k volbě rychlosti posunu. Buď je rychlost stejná jako ze základní desky, nebo je zpomalená. Volba zpomalení pak probíhá pomocí jumperů. Tedy na vstupy multiplexoru jde vždy signál normální a zpomalený. Použité vstupy byly vybrány tak, aby odpovídaly pravdivostní tabulce multiplexoru, u kterého se pak výstupní signál ovládá tlačítky. Pak tedy při držení jednoho tlačítka bude na výstupech jeden druh PULSE a při držení druhého bude na výstupech zpomalený signál PULSE.



Obrázek 28 - DPS přídavné desky

6.3 Seznam součástek

Celkový seznam součástek pro základní desku je vypsán v *Tabulka 2*. V *Tabulka 3* je seznam součástek pro desku přídatnou.

Tabulka 2 - Seznam součástek pro základní desku

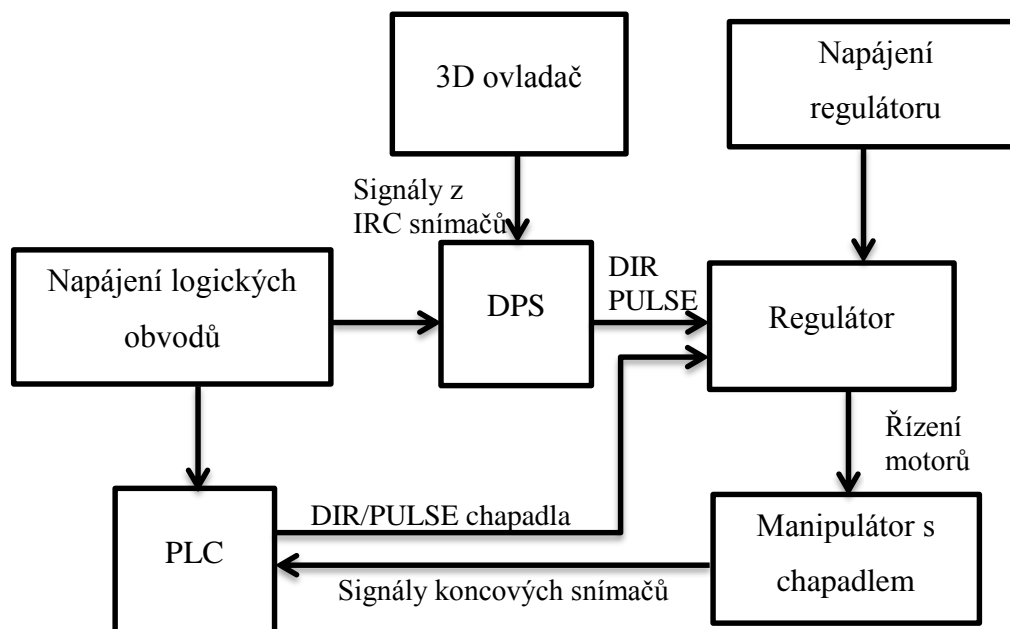
Označení	Typ	Info
IC1, IC12, IC14	74HCT14N	Schmittův KO
IC2, IC3, IC10, IC11, IC18, IC19	74HCT164E	Posuvný registr
IC4, IC5, IC13, IC16, IC17, IC21	HCF4030BE	XOR
IC6, IC15, IC23	74LS00N	NAND
IC7, IC24	74HCT74N	KO-D
IC8	74LS93N	Čítač
IC9	L7805	Stabilizátor napětí
R1, R3, R8, R10, R15, R17	5k6	Odpory
R2, R4, R9, R11, R16, R18	1k	Odpory
R5, R6, R7, R12, R13, R14, R19, R20, R21	10k	Odpory
D1, D2, D3, D4, D5, D7	1N4148	Ochranné diody
QG1	SG531P	Krystalový oscilátor
C1, C2, C3, C4, C5	100n	Kondenzátory
X1, X2, X3, X4, X5, X7, X8		Svorky

Tabulka 3 - Seznam součástek pro přídatnou desku

Označení	Typ	Info
IC1, IC3	74S153N	Multiplexor
IC4, IC5, IC6	74HCT93N	Čítač
R1, R3	2k2	Odpory
R2, R4	470	Odpory
R5	10k	Odpory
C1	100n	Kondenzátory
JP1, JP2, JP3, JP4		Jumpéry
D1, D2	1N4148	Ochranné diody
X1, X2		Svorky

7 ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ

7.1 Blokové schéma



7.2 Jednotlivé zapojení

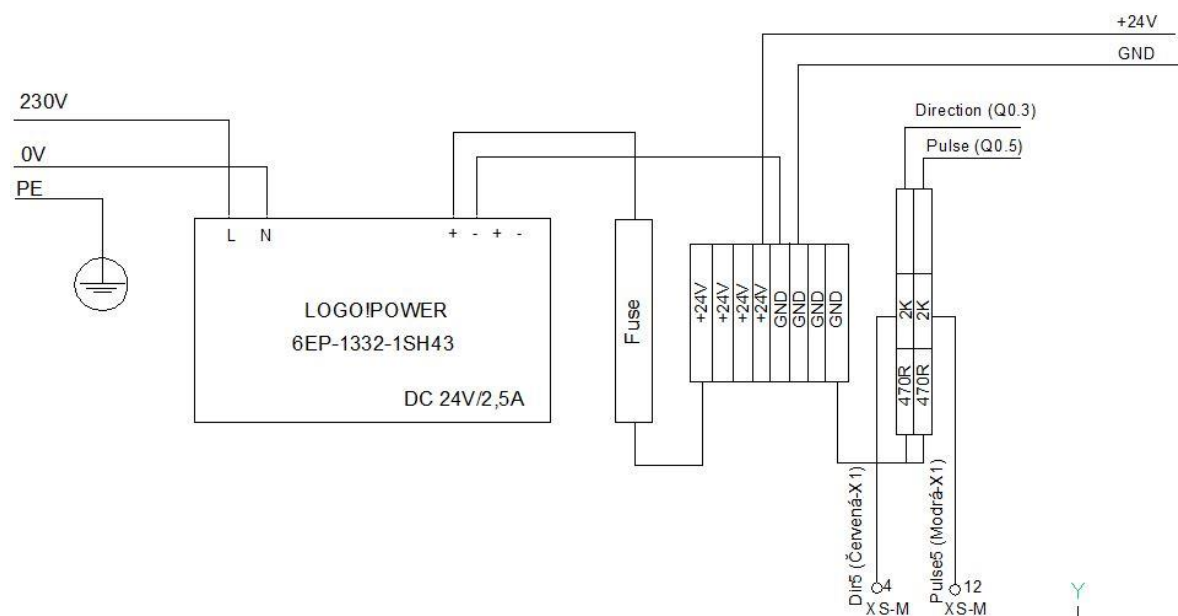
Do DPS (Obrázek 30) vedou napájecí a signálové vodiče z IRC snímačů. Z DPS pak vedou signály DIR a PULSE do spojovacího konektoru, pomocí kterého se spojí ovladač s manipulátorem. Krokový motorek chapadla se ovládá pomocí PLC, ze kterého jdou výstupní signály DIR a PULSE přes odporový dělič také přes konektor do regulátoru (Obrázek 32). Na vstupy PLC jdou signály z koncových snímačů a dále z tlačítek, které ovládají chapadlo (Obrázek 31).

Regulátor samotný musel projít menší úpravou, protože se nepovedlo navázat propojení se signály z DPS. Vyhledaly se tedy signály z obvodů, které zpracovávají na regulátoru signály a vyvedly se na konektor Canon 25 (Obrázek 36). Enable regulátorů bylo připojeno na pevně, aby po zapnutí byly motory ve vazbě. Regulátor má 6 pinové přepínače pro každý regulační obvod, pomocí kterých se volí proud, rychlost a mikrokroky. Do regulátoru jsou tedy zapojené motory (Obrázek 35) a přivedeny signály DIR, PULSE. Regulátor je napájen ze zdroje viz Obrázek 34.

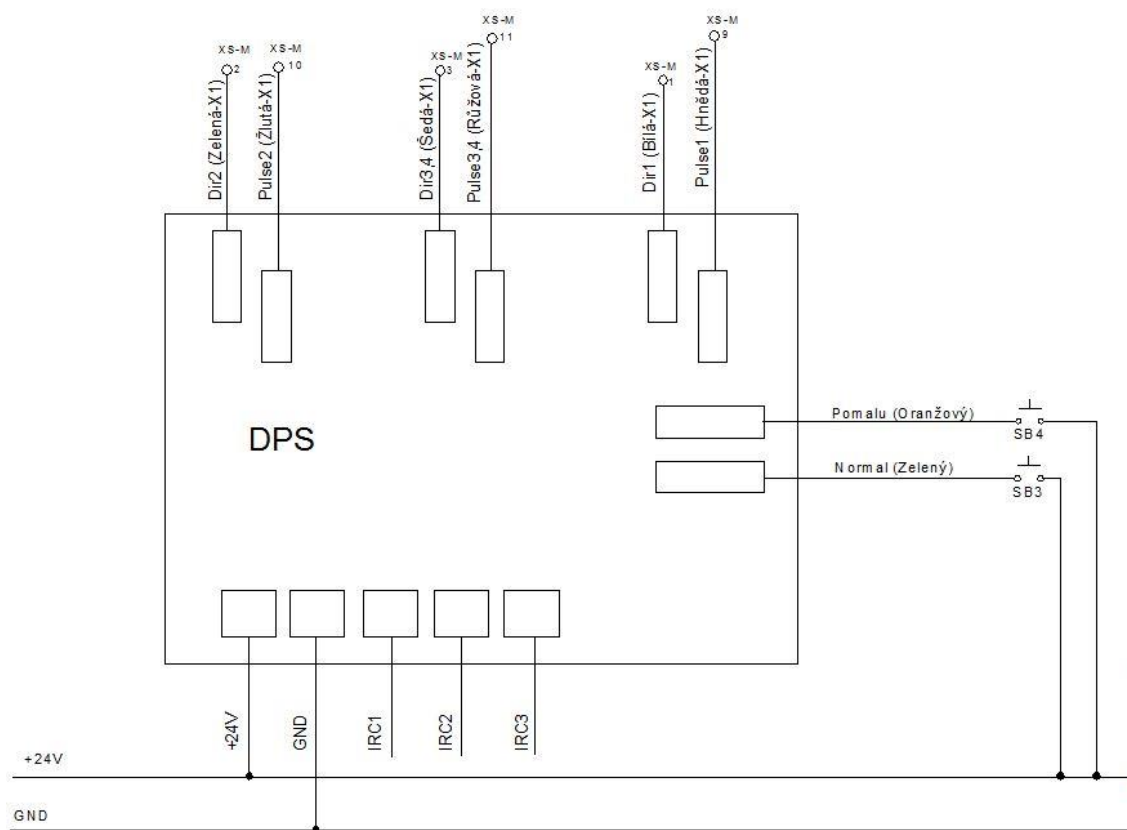
Krokové motory umístěné v ose nahoru-dolu (KM3, KM4) jsou každý přiveden na svůj regulátor, ale jeden z motorů má prohozené cívky. Kdyby byly cívky zapojené stejně, tak by se tato osa křížila. Jinak se pro ně generují stejné impulsy.

Je zde malý ovládací panel (*Obrázek 37*), pomocí kterého se řídí pohyb celého manipulátoru, s tím, že je možné pohybovat dvěma rychlostmi. Dalším ovládacím prvkem jsou zde tlačítka pro upnutí nebo uvolnění chapadla.

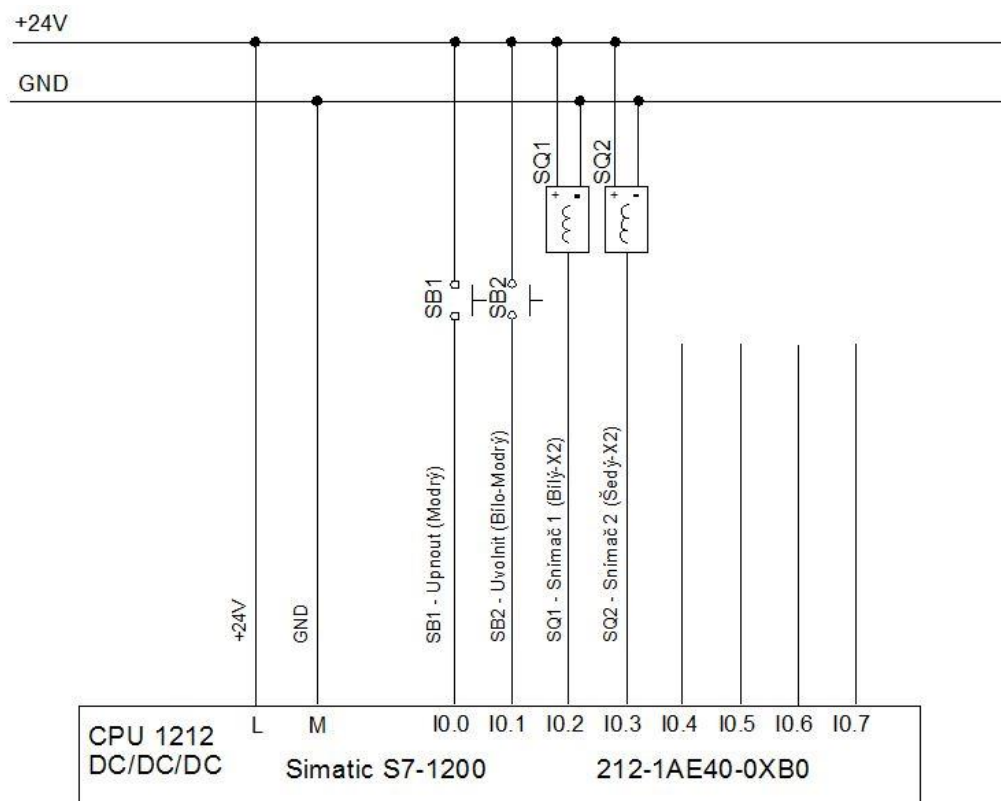
Propojení mezi ovladačem a manipulátorem je realizováno pomocí konektoru na *Obrázek 38*. Jednotlivé propojení pinů konektoru je na *Obrázek 33*. Z rozvaděče ovladače vedou do konektoru dva vodiče. Jeden je 12 pinový a použité vodiče jsou na pinech 1-5 a 9-12. Ty slouží pro přenos DIR a PULSE. Pro snímače na chapadle je to pak vodič 4 pinový na pinech 7-8 a 15-16. Z manipulátoru vedou 3 kabely, proto byly označeny W1-W3 a jejich zapojení je vpravo na *Obrázek 33*. Na každém zařízení byl vytvořen rozvaděč. Rozvaděč na manipulátoru (*Obrázek 39*) obsahuje regulátor se zdrojem a rozvaděč na ovladači (*Obrázek 40*) obsahuje PLC, zdroj a navrhnutou DPS.



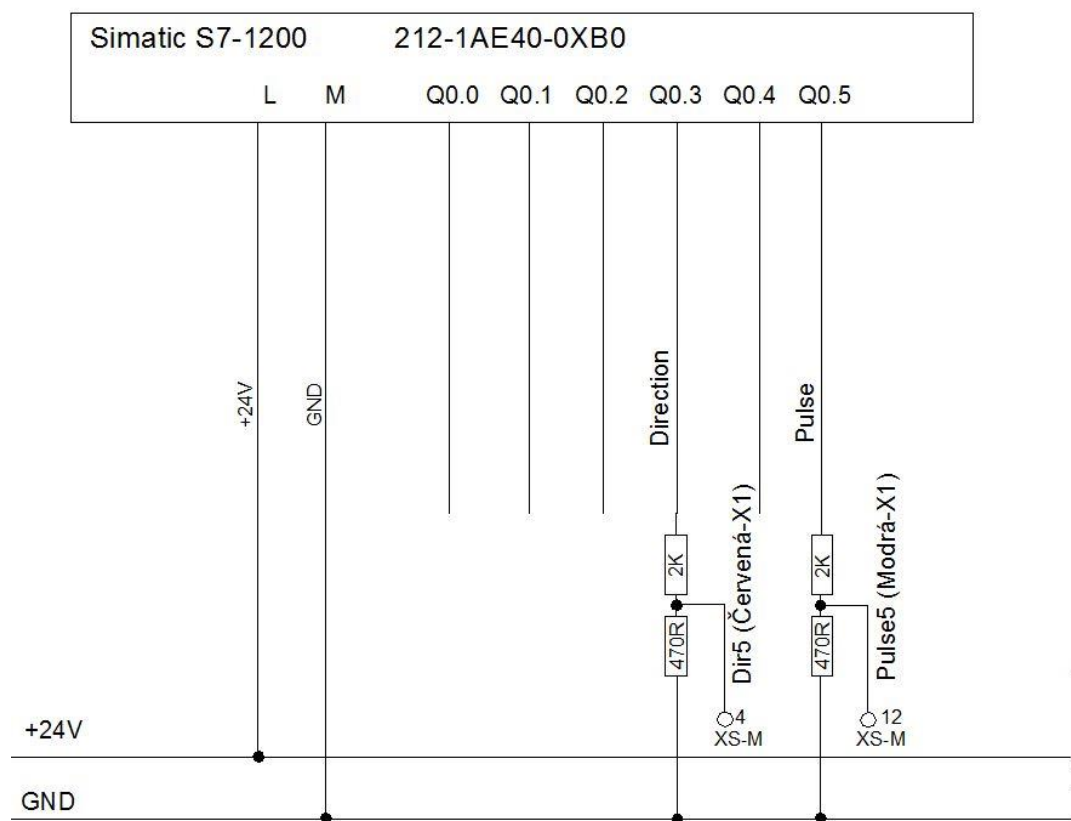
Obrázek 29 - Napájení a svorky rozvaděče ovladače



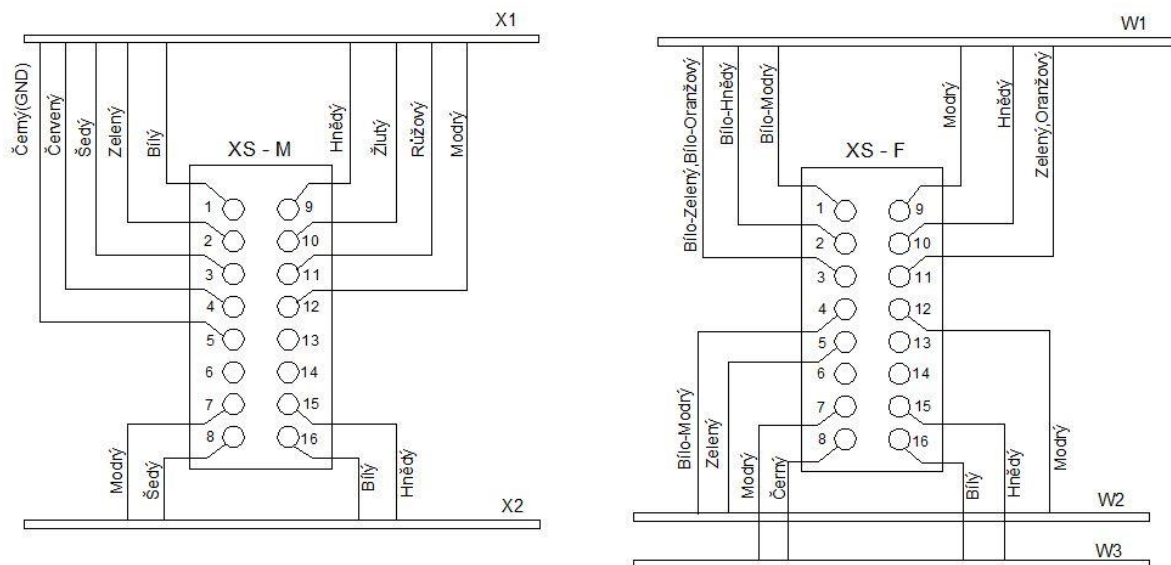
Obrázek 30 - Zapojení DPS



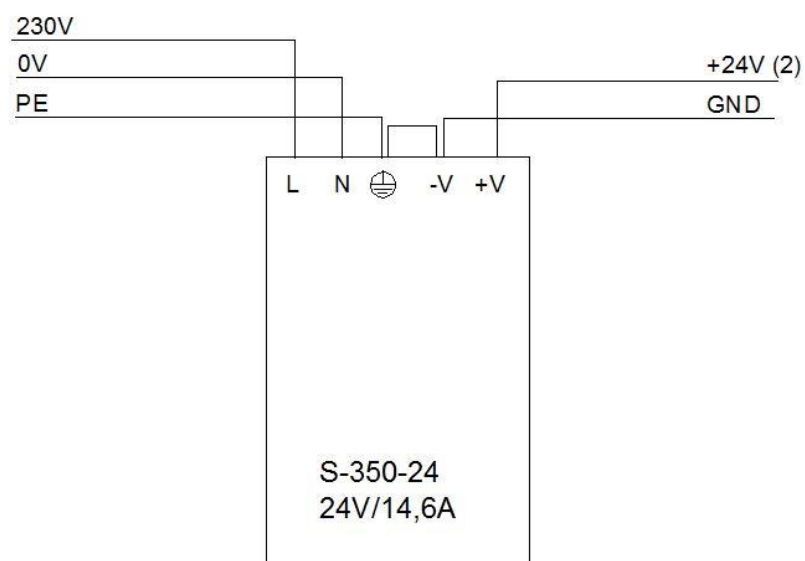
Obrázek 31 - Vstupy PLC



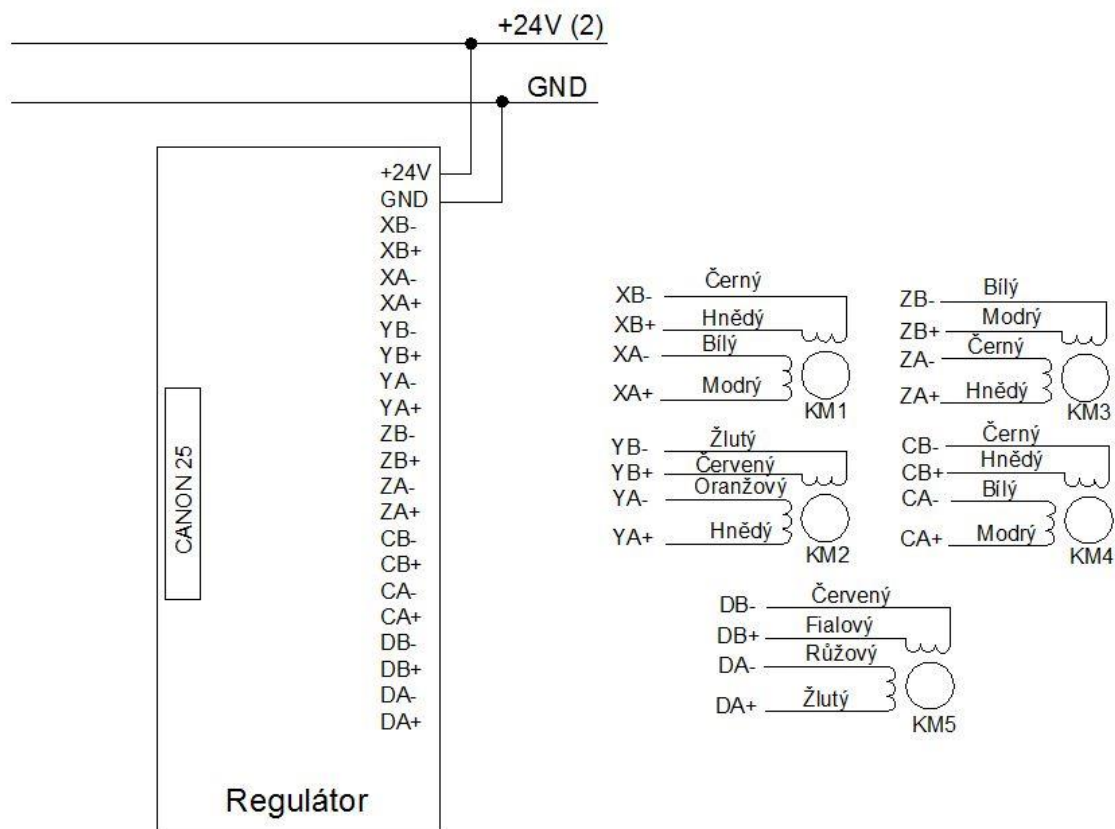
Obrázek 32 - Výstupy PLC



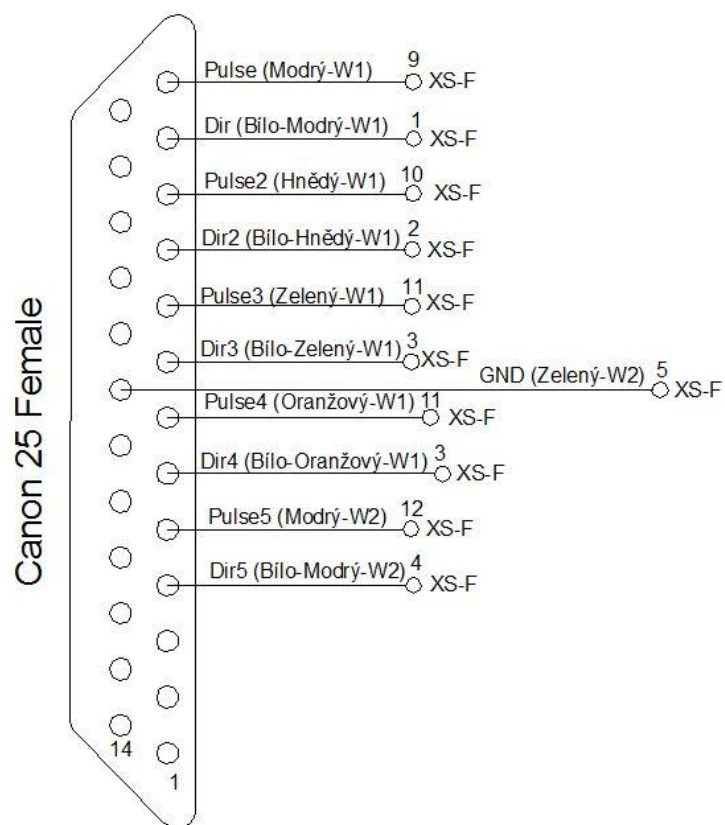
Obrázek 33 - 16 pinový konektor



Obrázek 34 - Napájení rozvaděče manipulatoru



Obrázek 35 - Regulátor a krokové motory



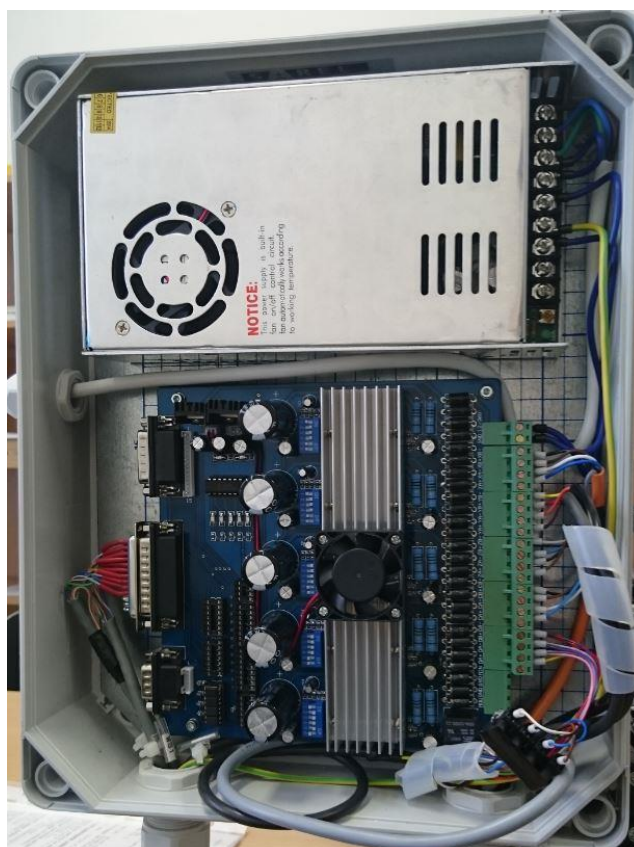
Obrázek 36 - Konektor CANON 25



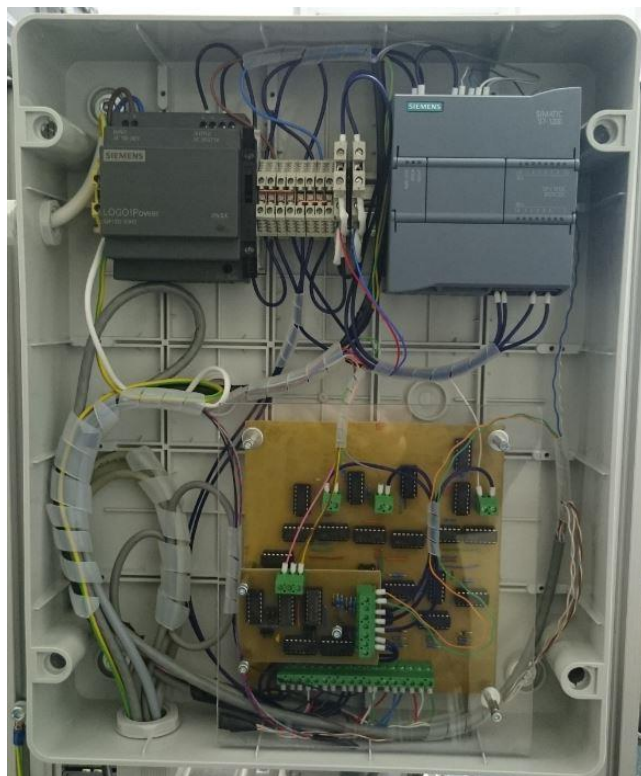
Obrázek 37 - Ovládací panel



Obrázek 38 – 16 pinový konektor mezi ovladačem a manipulátorem



Obrázek 39 - Rozvaděč manipulátoru



Obrázek 40 - Rozvaděč ovladače

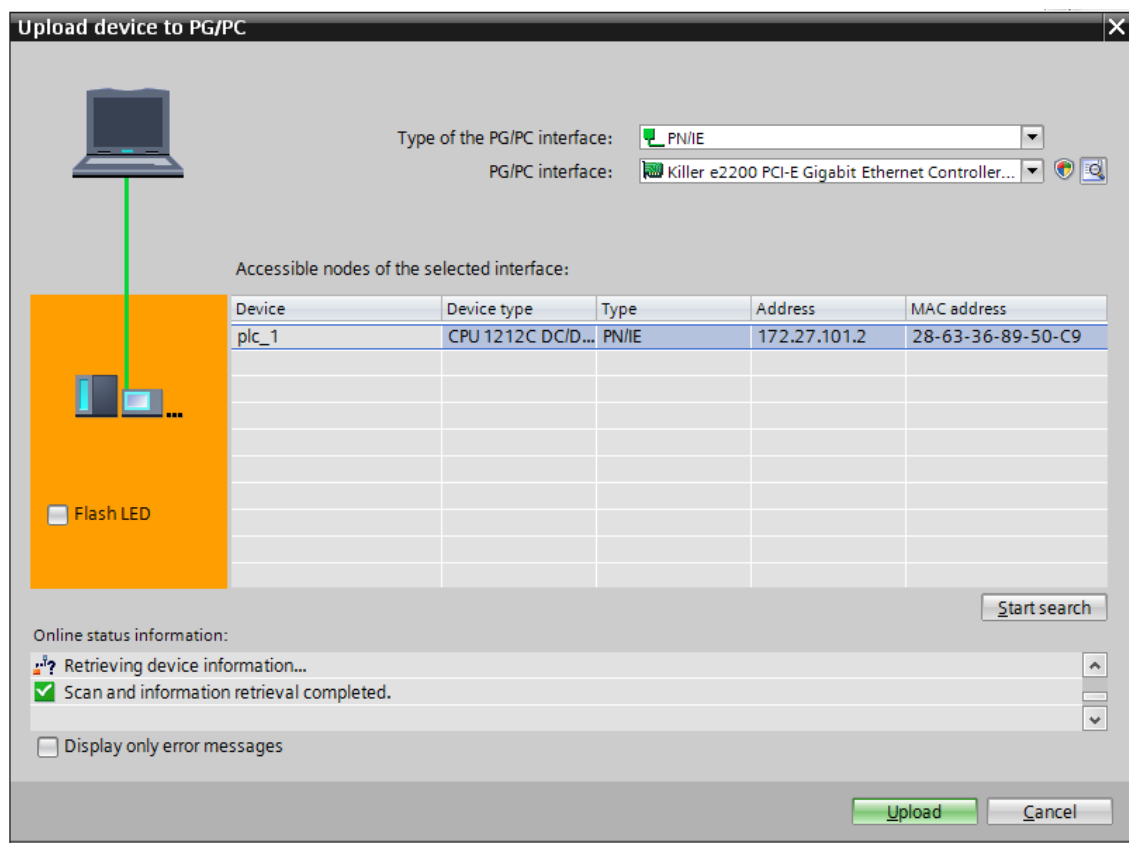
8 PROGRAM

Program slouží pro ovládání krokového motorku, který je součástí chapadla. Krokový motorek je vlastně prvek, který chapadlo ovládá (upnutí, uvolnění). Na chapadle jsou umístěny dva koncové snímače, které slouží pro kontrolu upnutí kusu a pro kontrolu maximální otevřené polohy chapadla.

8.1 Hardwarová konfigurace

Hardwarovou konfiguraci zvládá s přehledem TIA Portal V13 automaticky. I přes to se musí udělat pár kroků, aby mohl konfiguraci provést.

Po založení projektu je třeba udělat hardwarovou konfiguraci, aby program věděl, s jakým typem PLC pracuje. V horní liště zvolíme rolovací menu Online, kde se vybere možnost „Upload device as new station“. Vyskočí okno (*Obrázek 41*), kde se zvolí „Start search“. Po vyhledání připojeného PLC se zvolí a klikne se na tlačítko „Upload“. Poté se může začít programovat.



Obrázek 41 - Automatická HW konfigurace

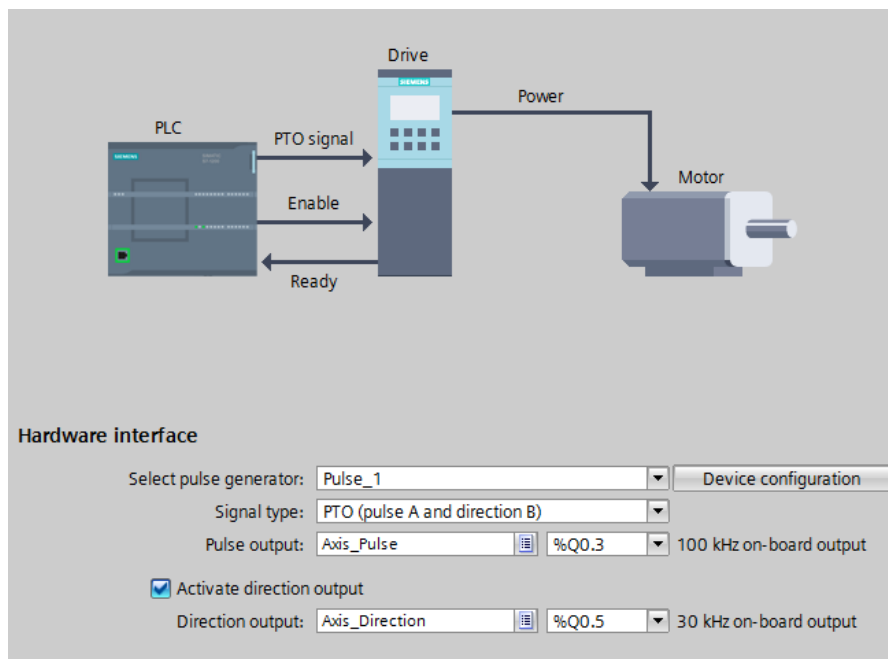
8.2 Odlad'ování programu

Odlad'ování programu probíhalo pomocí krokového motoru a regulátoru, které byly dostupné už pro testy navrhnutých obvodů. Prvními kroky bylo zprovoznění tzv. technologického objektu Axis.

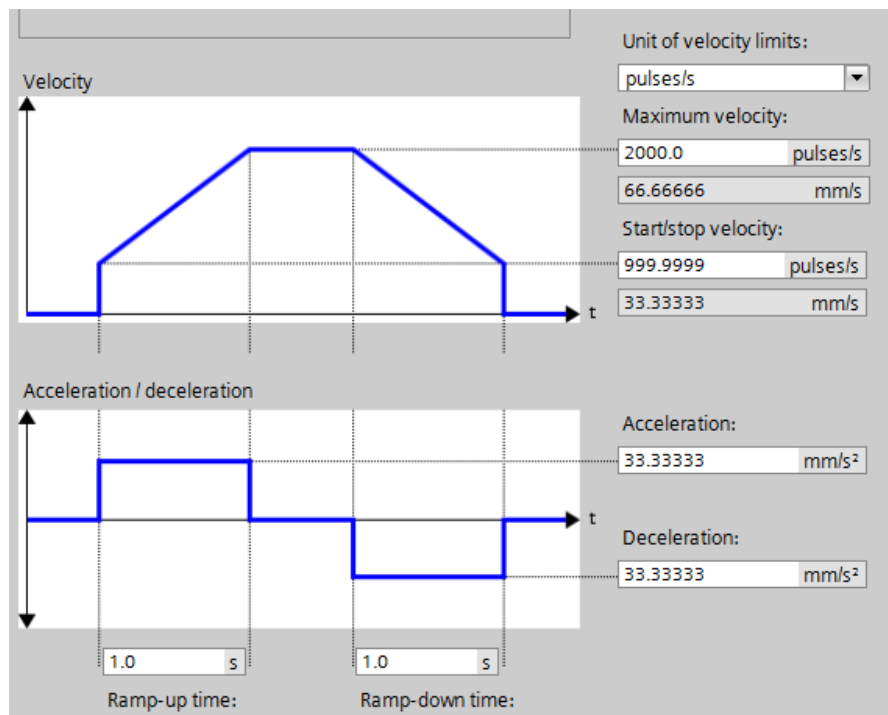
V Axis (*Obrázek 42*) se nastavil pulsní generátor, výstupní signál typu pulse a direction. Výstup pulse se nastavil na Q0.3, kde se nachází 100 kHz výstup. Výstup direction se pak nastavil na Q0.5, kde se nachází 30 kHz výstup.

Dalším krokem bylo v Axis nastavit rampu pro krokový motor (*Obrázek 43*). Zde se nastavila počáteční/koncová rychlost a taky maximální rychlost. Dalším parametrem bylo nastavení času rampy, za který se motor dostane z roztočení až do maximálních otáček a potom zastavení. Tento čas se nastavil na 1 sekundu, aby krokový motor zastavil téměř ihned po spuštění tlačítka nebo při dojezdu na koncový snímač.

Veškeré vyzkoušené konfigurace se nejprve ověřily pomocí manuálního ovládání osy Axis.



Obrázek 42 - Nastavení Axis



Obrázek 43 - Nastavení rampy

První kroky programu vedly k použití bloku MC_MoveRelative, který pootočí krokovým motorem o danou vzdálenost danou rychlostí. Ovšem dosáhlo se pouze možnosti takové, že při stisknutí tlačítka by se chapadlo buď plně zavřelo, nebo otevřelo do polohy dané koncovými snímači.

Požadovanou vlastností ale nakonec bylo ovládání způsobem, že když se tlačítko upnutí nebo uvolnění drží, tak krokový motorek chapadla se otáčí na jednu nebo druhou stranu a koncové snímače zde slouží jen pro ochranu, aby nedošlo při zavírání k velké síle, která by mohla přenášet přípravek třeba zdeformovat, nebo naopak při otevírání nějak poškodit chapadlo. Využilo se bloku MC_MoveJog.

8.3 Výsledný program

Zprvu se zdálo, že program bude tak na 20 networků, pomocí MC_MoveJog se výsledný program zkrátil na pouhé 4 networky.

Nebylo třeba napsání nějaké funkce, tedy program (Obrázek 45) se nachází přímo v OB1. Seznam tagů je na Obrázek 44.









Network 1 – zde se nachází blok MC_Power, který slouží pro povolení používání Axis.

Network 2 - obsahuje blok MC_MoveJog. Ten slouží pro konstantní pohybování zvolenou rychlostí. Má dva vstupní parametry JogForward a JogBackward. Po dobu, kdy je jeden z parametrů TRUE, tak se osa Axis pohybuje jedním nebo druhým směrem a má nastavenou rychlost.

Network 3 – Zde je umístěno pár podmínek, díky kterým se může krokový motor pohybovat ve směru otevírání chapadla. První podmínkou je samotné tlačítko, kterým se ovládá otevírání chapadla. Druhou podmínkou je rozpínací kontakt druhého tlačítka. To je pro ochranu před stisknutím obou tlačítek zároveň. Poslední podmínkou je snímač kontrolující maximální otevření chapadla. Výstupem je pak signál pro MC_MoveJog.

Network 4 – Tento network je stejný, jako network 3, akorát zde je pro pohyb určeno druhé tlačítko, zatímco první je zde opět pro ochranu před stisknutím zároveň. Snímač kontroluje upnutí kusu a výstupem je opět signál pro MC_MoveJog.

PLC tags

	Name	Data type	Address	Retain	Visible in HMI	Accessible from HMI	Comment
	Axis_Pulse	Bool	%Q0.3	False	True	True	Pulse
	Axis_Direction	Bool	%Q0.5	False	True	True	Direction
	SQ1	Bool	%I0.2	False	True	True	Snímač 1
	SQ2	Bool	%I0.3	False	True	True	Snímač 2
	SB1	Bool	%I0.0	False	True	True	Tlačítko 1
	JogF	Bool	%M0.0	False	True	True	Jog Forward
	SB2	Bool	%I0.1	False	True	True	Tlačítko 2
	JogB	Bool	%M0.1	False	True	True	Jog Backward

Obrázek 44 - Vstupy, výstupy, pomocné proměnné

Main [OB1]

Main Properties							
General							
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	automatic						
Information							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					
Main							
Name		Data type	Default value	Comment			
▼ Input							
Initial_Call		Bool		Initial call of this OB			
Remanence		Bool		=True, if remanent data are available			
Temp							
Constant							

Network 1: Napájení Axis

Symbol	Address	Type	Comment
--------	---------	------	---------

Network 2: Pohyb jog Axis

Symbol	Address	Type	Comment
"JogB"	%M0.1	Bool	Jog Backward
"JogF"	%M0.0	Bool	Jog Forward

Network 3: Podmínky pro otevření chapadla

Symbol	Address	Type	Comment
"JogF"	%M0.0	Bool	Jog Forward
"SB1"	%I0.0	Bool	Tlačítko 1
"SB2"	%I0.1	Bool	Tlačítko 2
"SQ2"	%I0.3	Bool	Snímač 2

Network 4: Podmínky pro uzavření chapadla

Symbol	Address	Type	Comment
"JogB"	%M0.1	Bool	Jog Backward
"SB1"	%I0.0	Bool	Tlačítko 1
"SB2"	%I0.1	Bool	Tlačítko 2
"SQ1"	%I0.2	Bool	Snímač 1

Obrázek 45 - Program

9 ZÁVĚR

V této práci bylo dosaženo všech bodů zadání. Bylo navrženo funkční schéma pro přímé řízení krokového motoru a přídavné schéma, pro ovládání manipulátoru pomalou nebo normální rychlostí. Byl vytvořen konečný seznam elektronických součástek pro navrhnuté schéma a seznam elektrických zařízení potřebných na celkové zapojení. Kompletní zařízení bylo zprovozněno. Manipulátor neobsahuje koncové snímače pro ochranu krajních poloh, zadavatel je tam nepotřeboval. Ochráněno je však chapadlo, aby při upnutí nedošlo k deformaci upnuté věci a při uvolnění se nepoškodilo chapadlo. Vznikl tak 3D ovladač, kterým se pohybuje v prostoru. Jeho pohyby kopíruje manipulátor s chapadlem.

Literatura

- [1] BUBENÍČEK, Jaroslav a Veronika PADILLA. *ElektroPrůmysl* [online]. Brno, 2011 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/>
- [2] KOŠTÁL, Josef a Miroslav PEISAR. *FCC Public: Elektro* [online]. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2000 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro-22832.html>
- [3] *AllDataSheet* [online]. 2003 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.alldatasheet.com/>
- [4] ROBENEK, Jan. *Hw.Cz: Automatizace* [online]. 1997 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/>
- [5] GM ELECTRONIC, SPOL. S R. O. *GM electronics* [online]. 1990 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/>

Seznam zkratek

IRC	Incremental rotary encoder
DIR	Direction
PLC	Programmable Logic Controller
DPS	Deska plošných spojů
OB1	Organizační blok (Main program scan)

Seznam příloh

Příloha 1. Schéma hlavní desky

Příloha 2. Schéma přidavné desky

Příloha 3. Hlavní DPS

Příloha 4. Osazovací plán hlavní DPS

Příloha 5. Přídavná DPS

Příloha 6. Osazovací plán přidavné DPS